

CHAPITRE : L'OEIL, UN RECEPTEUR DE LA LUMIERE IMPLIQUE DANS LA VISION DE L'IMAGE

TP : LE CRISTALLIN, UNE LENTILLE VIVANTE

Acquis :

Physique : notion de lentille – œil réel/ modèle de l'œil/ les défauts de la vision.

Connaissances :

Le cristallin est l'un des systèmes transparents de l'œil humain. Il est formé de cellules vivantes qui renouvellent en permanence leur contenu. Les modalités de ce renouvellement sont indispensables à sa transparence.

Avec l'âge sa transparence et sa souplesse peuvent être altérées.

Capacités :

Réaliser une dissection

Réaliser une préparation microscopique

Utilisation du microscope

Réaliser un dessin d'observation

Attitude :

Respect des règles de sécurité

Manifester son sens de l'observation.

Question :**Notion construite :**

Le cristallin est une structure vivante transparente, composée de cellules juxtaposées, dépourvues d'organites dans le cytoplasme et qui renouvellent en permanence leur contenu (protéines « cristallines »). C'est un milieu transparent dont la fonction est similaire à une lentille convergente. Il permet de dévier les rayons sur la rétine, lieu de formation de l'image.

Matériel :

Partie A

- Logiciel « L'œil »

Partie B : Dissection

- œil
- cuvette à dissection
- paire de ciseaux fins ; une pince fine ; un scalpel
- gants
- essuie tout

Partie B : Préparation microscopique

- Lame de rasoir
- Pince fine
- Bleu de méthylène
- Lames et lamelles
- Microscope

Introduction :

Monet, le bassin aux nymphéas.

La cataracte liée à l'âge est la première cause de cécité dans le monde (48%). Cette maladie est liée à une opacification du cristallin.

On cherche expliquer les propriétés du cristallin dans l'œil.

Question : Quelles sont les propriétés du cristallin dans l'œil ?

PARTIE A : Les propriétés du cristallin dans l'œil

Objectifs : Etude de l'œil grâce à un logiciel et mise en évidence de ses propriétés.

Consigne : A l'aide du logiciel à votre disposition, légender le schéma de la coupe de l'œil et déterminer 3 propriétés du cristallin qui explique son rôle dans l'œil.

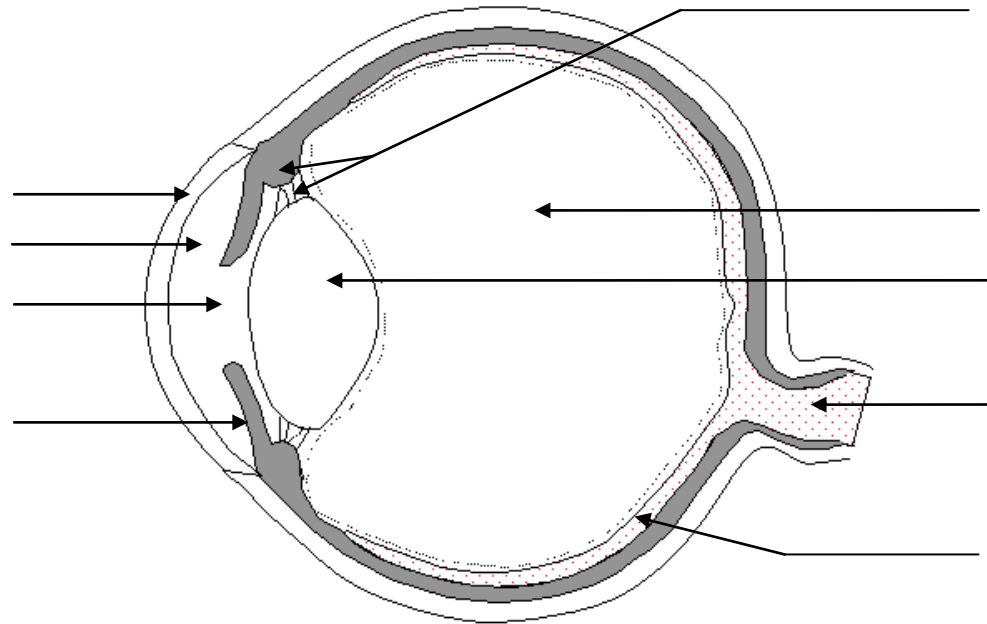
SUPPORTS

- Logiciel « L'œil »
- Document : Mécanisme de la vision
- Schéma à légender : Coupe sagittale de l'œil

DOCUMENT : MECANISME DE LA VISION

L'œil perçoit les ondes émises par une source lumineuse. Il fonctionne comme une chambre noire. La vue commence lorsque la lumière reflétée d'un élément extérieur entre dans l'œil. La cornée oriente ces rayons lumineux vers le centre de l'œil. Le cristallin, laisse passer les rayons lumineux et focalise la lumière sur la rétine. Il est également responsable de l'accommodation. L'iris, en se rétrécissant ou s'agrandissant, contrôle la quantité de lumière entrante : moins il y a de lumière, plus la pupille, l'orifice central qui le perce, sera dilatée. La rétine focalise la lumière et transforme les rayons lumineux en stimulations physiologiques le long du nerf optique. La rétine se termine par le nerf optique. L'œil n'interprète pas les images qu'il reçoit. Il les code en un influx nerveux qui sera envoyé dans la zone occipitale du cerveau, au niveau de la nuque, par le nerf optique. Le cerveau regroupe et analyse l'ensemble des informations et modélise une image exacte de notre environnement extérieur, en couleurs et en trois dimensions.

SCHEMA D'UNE COUPE SAGITTALE DE L'ŒIL SIMPLIFIEE



BILAN :

Le cristallin est une structure transparente dont la fonction est similaire à une lentille convergente. Il permet de dévier les rayons sur la rétine, lieu de formation de l'image.

Question : Comment expliquer la transparence du cristallin ?

PARTIE B : La structure du cristallin : origine de sa transparence.

Le cristallin est une structure transparente dont la fonction est similaire à une lentille convergente. Il permet de dévier les rayons sur la rétine, lieu de formation de l'image.

Consigne : Réalisez un dessin de l'observation microscopique des cellules du cristallin. Puis vous expliquerez par un texte court comment la structure particulière du cristallin assure sa transparence et quelle est l'origine de la cataracte.

SUPPORTS :

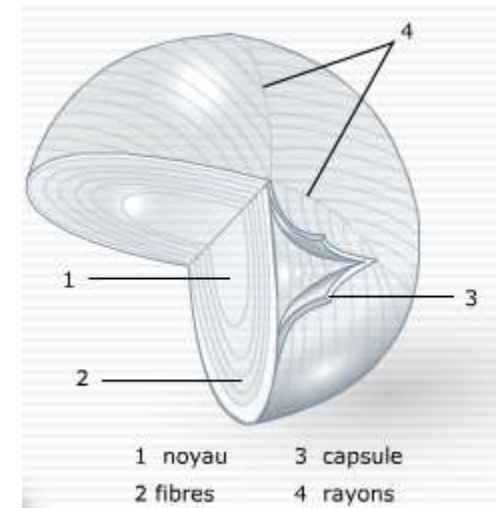
- Protocole de dissection d'un œil
- Protocole de réalisation d'une préparation microscopique du cristallin
- Document : Article de la recherche « L'étrange transparence du cristallin »

AIDE :

Le cristallin est une lentille biconvexe transparente. Il est déformable lors de l'accommodation pour focaliser l'image sur la rétine.

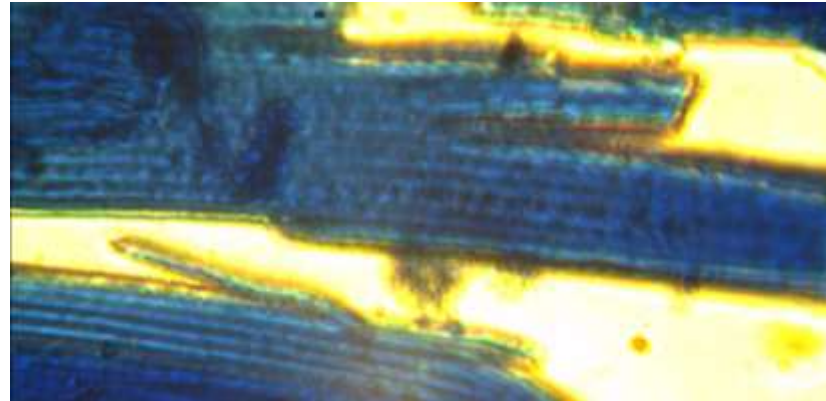
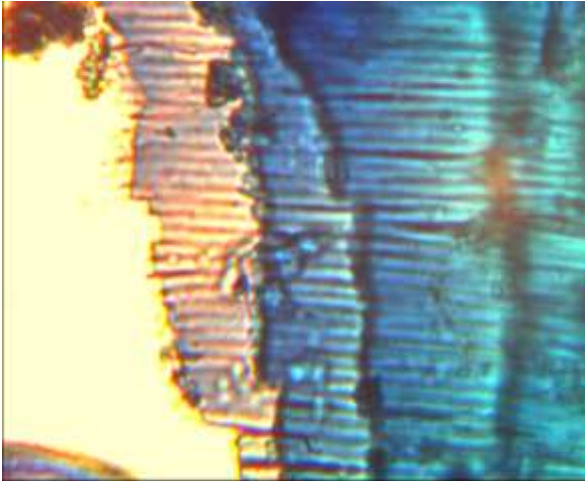
Il est enfermé dans une capsule mince et transparente et maintenu par les ligaments suspenseurs. Il n'est pas vascularisé.

Il est formé d'un épithélium (une seule couche de cellules cubiques) : ces cellules se divisent pour renouveler les fibres du cristallin. Les fibres du cristallin sont superposées en pelures d'oignons. Ces cellules sont anucléée (perte du noyau) et n'ont que peu d'organites. Elles renferment des protéines : les cristallines, qui sont transparentes et ont une activité enzymatique permettant de produire de l'énergie à partir de sucres.



Résultats attendus :

- L'aspect fibreux se repère assez facilement, même sur une coupe épaisse.
- On verra aussi aisément l'organisation en couches.



(x600)

BILAN :

Le cristallin est formé de cellules fibreuses.

Ces cellules ne contiennent pas de noyau, contrairement aux cellules animales habituelles. L'absence d'organites explique leur transparence.

- **Point positif**

Cette préparation est un des rares exemples qui permet chez l'animal de passer concrètement de l'échelle de l'organe à l'échelle de la cellule : l'élève voit l'organe puis en observe les cellules. Cela n'est généralement possible que pour le végétal, les préparations à partir de l'animal étant trop difficiles techniquement du fait de la mollesse des tissus.

- **Difficultés**

Les yeux n'étant pas frais et souvent livrés conservés dans l'alcool, le cristallin est opaque. On n'illustrera donc pas directement la transparence du cristallin et ses propriétés de lentille. Seul un œil très frais, prélevé et disséqué peu après l'abattage, permet d'avoir un cristallin transparent.

La conservation dans l'alcool opacifie les milieux transparents de l'œil. Il vaudra mieux conserver les yeux au congélateur. Le froid va aussi opacifier le cristallin mais il semble (bien que je n'aie pas pu le vérifier par moi-même) qu'on puisse retrouver de la transparence en remettant les yeux à température ambiante.

La principale difficulté, classique, est d'obtenir une coupe assez fine, favorable à l'observation.

Une autre difficulté sera pour l'élève de reconnaître dans ces fibres des cellules, dans la mesure où elles sont énucléées et par définition transparentes, pauvres en organites. Mais c'est justement ce à partir de quoi on pourra réfléchir pour expliquer la transparence.

J'ai pu trouver des noyaux. Ces cellules ne sont pas cubiques donc ne semblent pas être celles de l'épithélium. Il doit s'agir de cellules en cours de différenciation.



- **Utilisation de l'œil de « Poisson ».**

Le cristallin sera alors sphérique et que l'accommodation se fait par déplacement du cristallin et non par sa déformation.

⇒ [Protocole de dissection de l'œil de Thon](#)

Exemple : le cristallin de Congre :

Le cristallin de Congre que j'ai obtenu semblait comporter une couche gélatineuse (à droite sur l'image suivante) autour d'un noyau solide (à gauche).

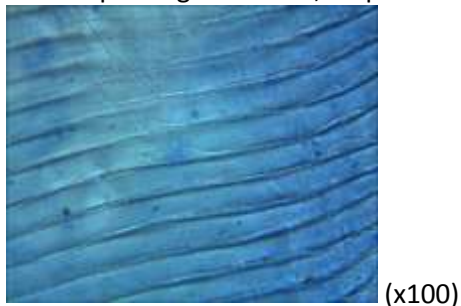


Fibres de cette partie centrale :
(x400)



On trouve des fibres, dont le bord est crénelé.

Dans la partie gélatineuse, on peut trouver d'autres fibres qui sont je suppose les fragments de la capsule du cristallin :



(x100)

Avantages par rapport aux yeux de Mammifère : pas de risques d'ESB ; le Poisson étant frais, le cristallin est souvent encore transparent.

Difficulté : l'extraction de l'œil est difficile (et malodorante) ainsi que la préparation microscopique du cristallin, en partie gélatineux et collant.

TP 8 : LE CRISTALLIN, UNE LENTILLE VIVANTE

La cataracte liée à l'âge est la première cause de cécité dans le monde (48%). Cette maladie est liée à une opacification du cristallin. On cherche expliquer les propriétés du cristallin dans l'œil.

PARTIE A : LES PROPRIETES DU CRISTALLIN DANS L'ŒIL

Consigne : A l'aide du logiciel à votre disposition, légender le schéma de la coupe de l'œil et déterminer 3 propriétés du cristallin qui explique son rôle.

Supports :

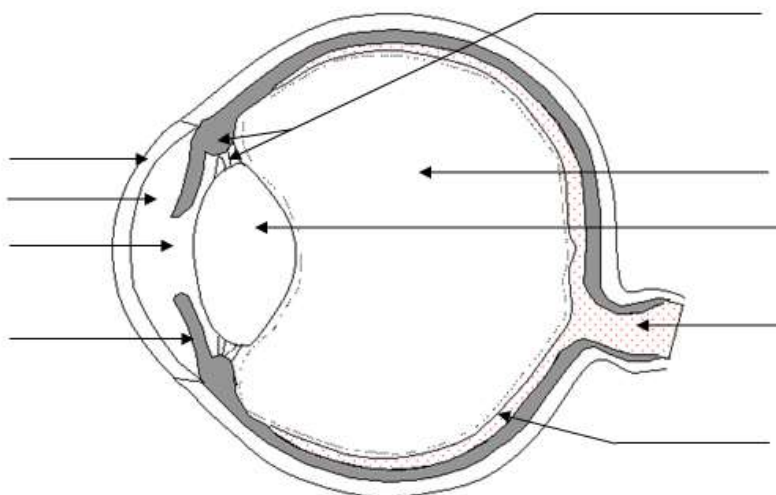
- Logiciel « L'œil »
- Document : Mécanisme de la vision
- Schéma à légender : Coupe sagittale de l'œil

Capacité travaillée	Critères de réussite	Evaluation
I – Recenser, extraire et organiser l'information utile	- Les informations sélectionnées sont en relation avec le sujet d'étude (pas de hors-sujet) - Les informations sont sans oublis - Les informations sont sans erreur de lecture, sans déformation - Les informations sont mises en relation avec le sujet d'étude, dans un ordre logique (absence de paraphrase)	☐ Non réussi ☐ Partiellement réussi ☐ Réussi ☐ Expert

DOCUMENT : MECANISME DE LA VISION

L'œil perçoit les ondes émises par une source lumineuse. Il fonctionne comme une chambre noire. La vue commence lorsque la lumière réfléctée d'un élément extérieur entre dans l'œil. La cornée oriente ces rayons lumineux vers le centre de l'œil. Le cristallin, laisse passer les rayons lumineux et focalise la lumière sur la rétine. Il est également responsable de l'accommodation. L'iris, en se rétrécissant ou s'agrandissant, contrôle la quantité de lumière entrante : moins il y a aura de lumière, plus la pupille, l'orifice central qui le perce, sera dilatée. La rétine focalise la lumière et transforme les rayons lumineux en stimulations physiologiques le long du nerf optique. La rétine se termine par le nerf optique. L'œil n'interprète pas les images qu'il reçoit. Il les code en un influx nerveux qui sera envoyé dans la zone occipitale du cerveau, au niveau de la nuque, par le nerf optique. Le cerveau regroupe et analyse l'ensemble des informations et modélise une image exacte de notre environnement extérieur, en couleurs et en trois dimensions.

SCHEMA D'UNE COUPE SAGITTALE DE L'ŒIL SIMPLIFIEE



PARTIE B : LA STRUCTURE DU CRISTALLIN : ORIGINE DE SA TRANSPARENCE.

Le cristallin est une structure transparente dont la fonction est similaire à une lentille convergente. Il permet de dévier les rayons sur la rétine, lieu de formation de l'image.

Consigne : Réalisez un dessin de l'observation microscopique des cellules du cristallin. Puis expliquez par un texte court comment la structure particulière du cristallin assure sa transparence et quelle est l'origine de la cataracte.

Supports :

- Protocole de dissection d'un œil
- Protocole de réalisation d'une préparation microscopique du cristallin
- Document : Article de la recherche « L'étrange transparence du cristallin »

Capacités travaillées	Critères de réussite	Evaluation
EX2 – Réaliser une préparation en vue d'une observation	DISSECTION : - Les structures recherchées sont clairement mises en évidence - La dissection est soignée : les structures recherchées sont intactes et le champ de dissection est propre	☐ Non réussi ☐ Partiellement réussi ☐ Réussi ☐ Expert
	PREPARATION MICROSCOPIQUE : - L'échantillon est fin, il laisse passer la lumière - Le liquide de montage (eau ou colorant) est bien réparti entre lame et lamelle, et il n'y a pas de bulle d'air - La préparation est propre (lame et lamelle nettes, pas de fragment de l'échantillon et de liquide hors de la lamelle)	☐ Non réussi ☐ Partiellement réussi ☐ Réussi ☐ Expert
EX1 – Observer le réel avec le microscope optique	- Le microscope est bien disposé sur la table, branché (colonne bien placée, distance élève-microscope...) - La lame est bien placée sur la platine du microscope avec l'objet bien centré - L'utilisation des objectifs se fait dans un ordre croissant avec recherche d'une zone favorable à l'observation - Le choix du grossissement est pertinent - L'observation est centrée sur l'objet recherché - La lumière est judicieusement choisie - A la fin de l'observation, le microscope est rangé (débranché, préparation microscopique enlevée, remis au petit objectif)	☐ Non réussi ☐ Partiellement réussi ☐ Réussi ☐ Expert
C2 – Représenter une observation par un dessin ou une photographie	- Les structures présentées par les images sont bien celles qui sont recherchées - Les structures recherchées sont clairement mises en évidence (image nette, grossissement adapté, traitement éventuel de l'image) - La mise en page est judicieuse (image centrée, de taille convenable, légendes alignées et bien réparties, traits de légendes précis, fins, non croisés et non obliques) - Les légendes sont correctes, complètes et claires - Un titre indique la nature du document (image numérique, dessin), l'objet représenté, le mode d'observation et le grossissement ou l'échelle	☐ Non réussi ☐ Partiellement réussi ☐ Réussi ☐ Expert

*organelles = organites

L'étrange transparence du cristallin

Vides ! Les cellules du cristallin sont vides, ou du moins, dépourvues de tous les organelles* normalement indispensables à un bon fonctionnement cellulaire. Elles n'ont, par exemple, pas de noyau. En fait, tout se passe comme si elles avaient commencé à mourir par apoptose, mais que le processus se soit arrêté en cours de route. Une hypothèse longtemps rejetée par les spécialistes de cette mort cellulaire.

Chaque seconde, 1 milliard de photons percutent la rétine humaine. Mais avant d'atteindre les photorécepteurs rétinien, ils ont d'abord traversé la fine cornée, constituée d'une dizaine de couches de collagène transparent, puis le cristallin : 1 000 couches cellulaires empilées sur 5 millimètres. Pourtant, ils ne sont ni déviés, ni réfléchis, ni absorbés. Car le cristallin, qui focalise les rayons lumineux sur la rétine et « fait le point » en changeant de forme, est parfaitement transparent, il est en cela unique dans le corps humain. Cette transparence s'explique en partie par le fait que le cristallin n'est pas vascularisé : les pigments sanguins ne le colorent donc pas. Mais, surtout, elle résulte de la parfaite homogénéité des cellules qui constituent cet organe. Des cellules en effet dépourvues d'organelles*, ces structures spécialisées habituellement présentes dans le cytoplasme cellulaire. Pas de noyau, pas de mitochondries par exemple ! Cette absence est essentielle à la transparence, car elle évite la dispersion des rayons lumineux. Mais sa nature demeure mystérieuse.

Par bien des aspects, la disparition des organelles* et de l'ADN fait penser à l'apoptose, ce mécanisme d'« autodestruction » des cellules. À cela près que le processus n'est que partiel : même vides, les cellules du cristallin ont en effet une longévité exceptionnelle et peuvent rester fonctionnelles pendant une petite centaine d'années. Elles ne sont jamais supprimées ni remplacées. Cette longévité contraste avec celle de la plupart des autres cellules de l'organisme, qui expirent au bout de quelques jours cellules épithéliales de la paroi interne de l'intestin, quelques semaines cellules de la peau ou quelques mois globules rouges. Certes, avec l'âge, elles s'appauvrissent en eau et durcissent et s'opacifient (ce qui entraîne la cataracte) mais elles ne meurent pas.

Qu'est-ce donc que cette mort qui n'en est pas une ? L'énigme commence tout juste à s'éclaircir. Au cours du XIX^e siècle, les scientifiques avaient découvert, en disséquant des cristallins de reptiles, d'oiseaux, de mammifères et d'humains, que cet organe est constitué d'une superposition de cellules très allongées, alignées régulièrement, et dont les extrémités se rencontrent au niveau des pôles antérieur et postérieur du cristallin. En 1900, Carl Rabl, professeur d'anatomie à l'université de Prague, s'aperçut que les cellules centrales du cristallin ne possédaient pas de noyau. Il eut beau soumettre de nombreuses espèces de vertébrés à l'examen, il dut se rendre à l'évidence. Seules les cellules périphériques, peu allongées, en arboraient un. Rabl décrit cette découverte en détail, mais il n'avait aucune idée de ce qu'elle impliquait, pas plus qu'aucun de ses collègues de l'époque.

Par la suite, les progrès de la microscopie, optique d'abord, puis électronique à partir des années cinquante, permirent d'examiner avec précision les cellules du cristallin et d'aboutir à la conclusion que toutes font partie d'un même type cellulaire. La face du cristallin tournée vers l'extérieur est recouverte d'une couche unique de cellules cuboïdes qui constituent un réservoir de cellules souches indifférenciées, à partir desquelles se forment les cellules-rubans qui constituent l'essentiel du cristallin. Cette différenciation s'effectue essentiellement chez l'embryon et le fœtus, puis ralentit, sans jamais s'arrêter totalement très peu de nouvelles cellules apparaissent après 20 ans. L'une après l'autre, les cellules cuboïdes positionnées sur un anneau équatorial s'allongent et finissent par rejoindre les pôles, comme les lignes de longitude sur un globe. Chacune mesure alors plus de 1 centimètre, une longueur mille fois supérieure à celle de la plupart des cellules du corps.

C'est au cours de leur élongation qu'elles se vident de leurs organelles*. Elles perdent leur noyau et l'ADN qu'il renferme, leurs mitochondries, et toutes les vésicules qui interviennent dans la synthèse des protéines et des lipides soit le réticulum endoplasmique et l'appareil de Golgi. Ce n'est qu'après cet effondrement général que les fibres occupent la partie centrale du cristallin, celle à travers laquelle passe la lumière. Leur cytoplasme est alors à l'opposé du fouillis qui règne dans les autres cellules. Il est totalement homogène, rempli d'une solution épaisse de protéines particulières synthétisées au cours de l'élongation, les cristallines. Ces observations, accumulées au fil de l'amélioration des microscopes, provoquèrent la stupéfaction. Quel pouvait être le mécanisme conduisant à cet état ? Dans les années soixante-dix, le biologiste indien Sohan Modak qui travaillait à la fois aux États-Unis et en Suisse découvrit que l'ADN des cellules du cristallin était littéralement taillé en pièces. Les fragments ainsi générés affichaient la taille caractéristique des nucléosomes, ces unités cylindriques autour desquelles l'ADN s'enroule dans le noyau. Cette découverte, qui se révélera cruciale, passa alors quasi inaperçue. Modak était très en avance sur son temps [...]

(Suite de l'article disponible : <http://www.larecherche.fr/savoirs/anatomie/etrange-transparence-du-cristallin-01-03-2004-77009>)

Par Ralf Dahm

PROTOCOLE DE DISSECTION DE L'ŒIL

Matériel :

- Œil de veau
- Cuvette à dissection
- Paire de ciseaux fins
- Une pince fine
- Un scalpel
- Gants
- Essuie tout

1. Repérer le nerf optique à l'arrière de l'œil.

2. Positionner l'iris sur un côté.

Appeler le professeur pour vérification

3. Réaliser une boutonnière en enfonçant délicatement la pointe des ciseaux dans le plan équatorial du globe, parallèle à l'iris.

4. Découper entièrement le globe le long de l'équateur, sans enfoncer les ciseaux trop profondément.

5. Dégager la masse visqueuse centrale

6. Dégager le cristallin

Appeler le professeur pour vérification

2.



3.



4.



Le liquide est l'humour aqueux.

5.



L'humour vitré s'est écoulée toute seule, et a endommagé le cristallin.

6.



PROTOCOLE DE PREPARATION DE L'OBSERVATION MICROSCOPIQUE DU CRSITALLIN

Matériel :

- Cristallin isolé lors de la dissection de l'œil.
- Lame de rasoir
- Pince fine
- Bleu de méthylène
- Lames et lamelles
- Microscope

1. En le maintenant avec la pince, faire des coupes fines dans le cristallin
(pour plus de facilité, on peut d'abord le couper en deux et le poser sur la tranche, de façon à ce qu'il soit plus stable) puis donner des coups de lame de rasoirs au hasard.
2. Déposer les fragments les plus fins sur une lame dans une goutte d'eau.
3. Rajouter une goutte de bleu de méthylène sur la préparation.
4. Recouvrir d'une lamelle (il est possible d'écraser pour disjoindre les fibres si les fragments sont trop épais)
5. Observer au microscope

Appeler le professeur pour vérification